

## 逆磁歪効果を利用した振動センサに関する研究

著者	久保 結人
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	87
号	1
ページ	100-101
発行年	2018-08
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/00123452">http://hdl.handle.net/10097/00123452</a>

修士学位論文要約（平成30年 3 月）

# 逆磁歪効果を利用した振動センサに関する研究

久保 結人

指導教員：石山 和志

## Study on a vibration sensor utilizing inverse-magnetostrictive effect.

Yuito Kubo

Supervisor: Kazushi Ishiyama

In this paper, I conducted the following four studies. First, I proposed a new magnetic anisotropy control method “the stress-annealing”. The experiment showed the stress-annealing can control the magnetic anisotropy without reducing sensitivity of the elements. Second, I formulated impedance changes of strain sensors under strain. The formula explained well the experimental results. Next, I applied the LC parallel resonance to strain sensors. In the experiment, the LC parallel resonance sensor showed 100 times Z change of the normal sensor. Finally, I applied strain sensors to vibration sensors and evaluated the vibration sensors using a phase-difference detection circuit. By using the stress-annealing sensor element and the LC parallel resonance circuit, I obtained 20 times higher detected voltage than the normal sensor. Then, we detected vibration of  $0.01\text{m/s}^2$  at  $10\sim 50\text{Hz}$ .

### 1. はじめに

近年、高度経済成長期に建設された橋梁やトンネルなどの道路インフラをはじめとする相当数の建造物の老朽化対策が大きな課題となっている<sup>1)</sup>。このような背景の中、本研究では目視や打音点検など従来の方法に代わる、橋梁等の微小振動を検出することで健全性を判断可能な超高感度薄膜型歪み・振動センサの開発を目的として、逆磁歪効果を利用したセンサ素子の検討を行っている<sup>2)</sup>。先行研究において作成した歪みセンサ素子<sup>(2)</sup>では、センサの線形動作に 20g の大きなバイアス錘が必要で実用上問題があり、センサの機械共振周波数以外では振動を検知出来なかった。これらの理由から、本研究においては、バイアス錘の低減化に関する検討と、振動検出周波数の広帯域化を実現するための歪みセンサの高感度化に関する検討を行った。

### 2. 歪中熱処理による歪みセンサの動作点制御

歪みセンサの線形動作には現状で大きなバイアス錘を必要とし、バイアス錘の低減化のためには動作点(印加歪ゼロの点)の制御が必要である。そのため、本章では歪中熱処理における動作点制御(異方性制御)を提案し、その実験的検証を行った。実験では、歪中熱処理を施したセンサを作成し、歪-Z(インピーダンス)特性の評価を行った。その結果を図1に示す。この結果から、歪中熱処理を施すことで、感度低下無く動作点制御が可能であるということが示された。

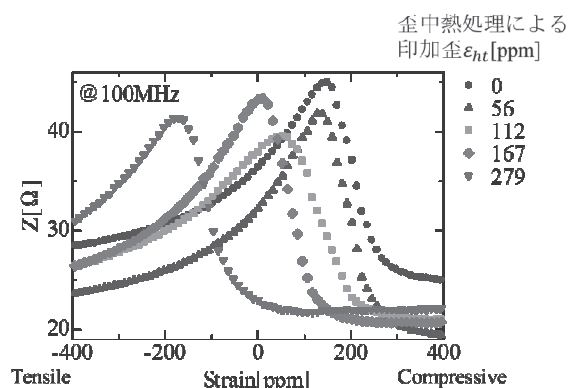


図1 歪中熱処理素子の歪み-インピーダンス特性

### 3. 歪みセンサのインピーダンス変化定式化

歪みセンサの高感度化のためには、センサ構造がインピーダンス変化に理論的にどう関与するか明らかにする必要がある。そのため、本章ではインピーダンスの最大値、最小値の定式化を行った。定式化には磁性体中の磁気回路の式に渦電流を考慮した高周波透磁率の式を代入し、インピーダンス変化を定式化した。実験では、センサ幅、磁性体膜厚のパラメータを変化させインピーダンスの最大、最小値を比較したところ、理論値と実験値が一致し定式化が正しいことが示された。したがって、本章の定式化によりインピーダンス変化の理論的予測が可能となった。

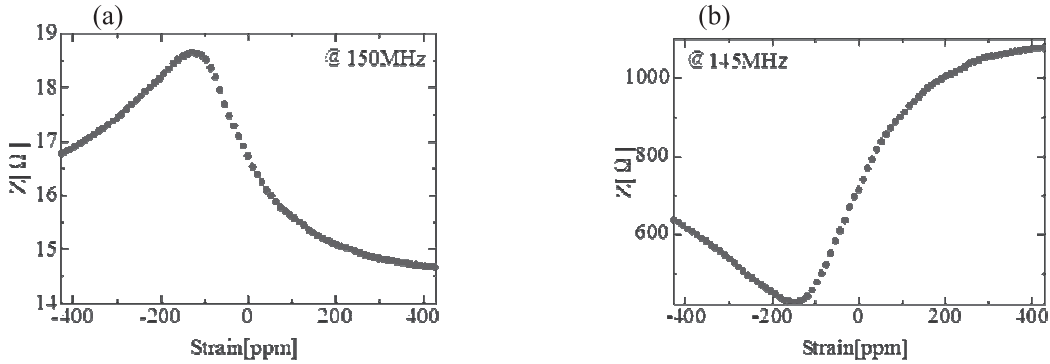


図2 通常センサ(a)と並列共振を用いたセンサ(b)の歪-インピーダンス特性

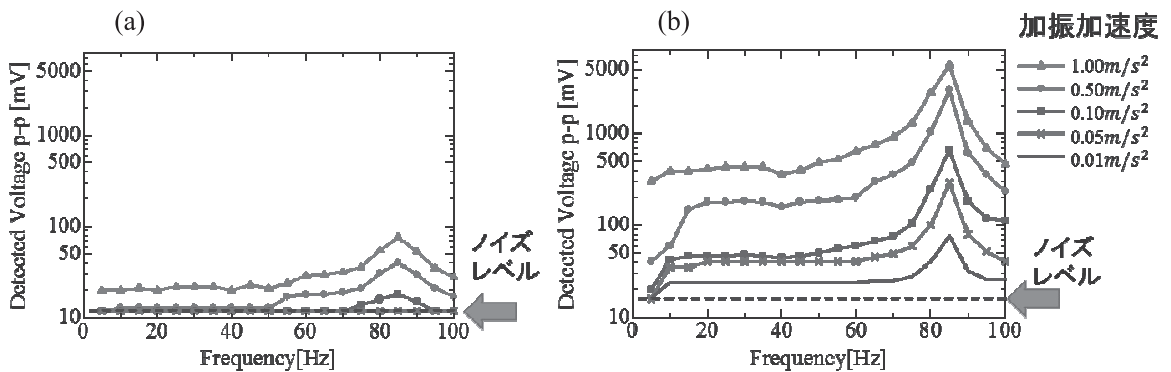


図3 通常センサ(a)と並列共振を用いたセンサ(b)の振動特性

#### 4. 並列共振回路を用いた歪センサの高感度化

本章では、歪センサに LC 並列共振を適用することによるセンサ感度の高感度化の検討を行った。また、素子作製には、3章のインピーダンス変化の定式化を基に並列共振現象を理論的に整理し、センサの最適設計をおこなっている。実験では、並列共振を用いない通常のセンサと  $C=22\text{pF}$ ,  $L=47\text{nH}$  で並列共振を用いた場合での歪-インピーダンス特性の評価を行った。その結果を図2に示す。この結果から、並列共振を用いない通常のセンサでは  $\Delta Z=5[\Omega]$ 、並列共振を用いた場合のセンサは  $\Delta Z=651[\Omega]$ であり、並列共振を用いると  $Z$  変化が約100倍増加する結果が得られた。したがって、並列共振を用いることでの歪センサの高感度化が確認された。

#### 5. 歪センサの振動センサへの応用

本章では、歪センサをカンチレバー構造とし、振動センサへの応用実験を行った。使用した歪センサ素子には、2章で得られた知見であるバイアス錘の低減化のために歪中熱処理を施し、4章で得られた高感度化のための知見である並列共振を適用した。振動実験では、振動による位相変化を検出する回路を作製し、歪センサに 2g の錘を載せ、加振機により振

動を加えている。振動実験の結果を図3に示す。この結果から、並列共振回路を用いた歪センサは通常の歪センサに比べ約20倍高感度に振動を検知できることが確認された。また、2g の小さな錘で線形動作し、10～50Hz において  $0.01\text{m/s}^2$  の加速度検知が確認できた。

#### 6. まとめ

本論文では、歪中熱処理の検討、 $Z$  の変化の定式化、定式化、並列共振を歪センサに適用する検討を行い、それらの知見から歪センサ素子を作製し振動実験を行った。結果として、10Hz～50Hz 帯で  $0.01\text{m/s}^2$  の加速度を検知可能な、高感度広帯域な振動センサを実現した。

#### 文献

- 1) 池田賢弘, 岡田隆三, 渡部一雄, 「社会インフラの検査・モニタリング技術の動向と東芝の取り組み」, 東芝レビュー, Vol. 70, No. 9, pp. 2-6 (2015)
- 2) 久保結人, 栢修一郎, 横井甫, 荒井薫, 石山和志, 「磁性膜の磁気歪みを利用した歪み・振動センサの開発」, IEEE Trans. SM, Vol. 138, No. 4(2018)